

КАЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА. ЗАВИСИМОСТЬ ЕГО ОТ ВИДОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСТЕНИЙ И ВЛИЯНИЕ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМОГО РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

Е.В.Чупарина, Т.Н.Гуничева
Институт геохимии им.А.П.Виноградова СО РАН
664033, Иркутск, Фаворского, 1А
lchup@igc.irk.ru

Поступила в редакцию 20 сентября 2001 г.

При прямом рентгенофлуоресцентном определении Na, K, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ca, Sr, Mn, Fe в листе березы, травосмеси и байкальских водных цветковых растениях с помощью дисперсионного анализа оценено влияние степени измельчения материала, условий длительного хранения излучателей, видовых особенностей растений и среды произрастания на точность получаемых результатов. Показано, что при оценке надежности аналитических данных и их интерпретации следует принимать во внимание все составные части экосистемы, являющиеся стадиями потока вещества. Установлено, что точность результатов РФА растений водных экосистем зависит в основном от стабильности условий получения аналитического сигнала; для наземных растений к этому фактору добавляется влияние неоднородности распределения элементов в веществе, обусловленное преимущественно техногенным загрязнением.

PLANT SUBSTANCE QUALITY. PLANT SPECIES PARTICULARITIES DEPENDENCE AND EFFECT ON EXACTNESS OF DIRECT X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS

E.V.Chuparina, T.N.Gunicheva

Using the device of variance analysis, we assessed the effect of grinding extent, long-term storage conditions, species particularities and environment of plants on the exactness of the direct x-ray fluorescence (XRF) determination of Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Mn, Fe, S, Sr and Cl in leaves of birch, grass mixture and Baikal Lake water flowering plants. The following conclusion was reached: when evaluating the reliability of analytical data and their interpretation, all ecosystem parts, which represent substance flow stages, should be taken into account. The exactness of X-ray analysis of water ecosystem plants was demonstrated basically to depend on stability of conditions for obtaining analytical signal; as regards on-land plants in addition to the above factor, the effect of heterogeneous distribution of elements in the substance, primarily due to man-made pollution, is detected.

Чупарина Елена Владимировна - технолог лаборатории рентгеновских методов анализа Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН.

Область научных интересов: прямой многоэлементный РФА растительных материалов.

Автор 4 публикаций.

Гуничева Татьяна Николаевна - доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН.

Область научных интересов: прямой многоэлементный РФА компонентов окружающей среды, качество экогеоаналитических данных.

Автор более 130 научных работ.

Классическое деление химических элементов в растительных организмах на макро- и микро-элементы, которое базируется исключительно на физической массе элемента в пределах организма, претерпело смысловое изменение уже в классификации В.И. Вернадского [1]. В.И. Вернадский, разделив химические элементы согласно

их природной сущности на органогенные (С, Н, О, N, P, S, K, Ca, Mg) и рассеянные (Al, Cu, Br, As, Zn, Mn...), сосредоточил внимание на том, что большинство элементов в растении являются рассеянными, распределены неравномерно и концентрируются в разных его частях. Однако значимость элемента для растения не зависит

от его объемной доли. Более того, в [2,3] убедительно показано, что поглощение отдельных химических элементов растениями происходит избирательно в соответствии с их биологическими функциями, закрепленными в процессе эволюции, и в зависимости от среды произрастания. Поэтому более обнадеживающей представляется систематизация элементов согласно физиологическим и биологическим аспектам [4, 5]. В табл. 1 для Na, K, Mg, Ca, Cl, P, S, Si, Al, Mn, Fe, Sr приводится взятая в [5] информация по функциям элементов в клеточном метаболизме, токсичности, биологической активности (эссенциальности), диапазо-

нам содержаний в растениях. Для данной группы элементов результаты их определения в растениях без деструкции рентгенофлуоресцентным (РФ) методом в лаборатории рентгеновских методов анализа ИГХ СО РАН используются в экогеохимических исследованиях института. Поскольку диапазоны содержаний элементов определяются совокупностью составляющих экосистему компонентов, для сравнения приводятся количественные данные, характеризующие природные и техногенные экосистемы Южного Прибайкалья [6] и различные выборки стандартных образцов биологических материалов [7, 8].

Таблица 1

Биохимические характеристики определяемых элементов [5]

Эле- мент	Функции в клеточном метаболизме			Биологическая активность			Токсичность	Диапазоны содержаний, ppm			
	Струк- турный	Электро- литичес- кий	Энзим- ный	для водо- рослей	для гри- бов	для высш. растен.		в разных экосистемах		в выборках стандарт- ных образцов	
								[5]	[6]	[7]	[8]
Na		v		+ -	-	+ -	Относительно безвреден	35-1000	200-2000	44-19600	10-19400
K		v		+	+	+	Относительно безвреден	5000-34000	5000-32500	8500-16600	1060-44400
Mg		v	v	+	+	+	Едва ли токсичен	1000-9000	1000-9000	1700-6600	395-11800
Ca	v	v		+	-	+	Едва ли токсичен	10000	3000-27500	4300-22200	147-50000
Cl		v		+	-	+	Относительно нетоксичен	2000-20000	70-1570	(2300-19200)	238-10500
P	v			+	+	+	Экотоксичен	120-30000	1000-6500	830-2840	1210-5200
S	v			+	+	+	Экотоксичен	600-10000	1070-1710	2460-7300	1250-9580
Si	v			-	-	+ -	Физически, в виде асбес- тов	200-8000	170-9000	2100-7100	70-10500
Al	не установлены			-	-	-	Токсичен в форме Al ³⁺ и Al(OH) ₄ ⁻	90-530	150-5500	1040-3000	2,8-1130
Mn			v	+	+	+	Слегка токсичен	1-700	75-1000	45-1240	8,5-660
Fe			v	+	+	+	Едва ли токсичен	5-200	75-2000	264-1070	8,1-600
Sr	не установлены			-	-	-	Токсичен в форме Sr ⁹⁰	3-400	50-300	15,2-345	0,2-99

Примечание: + - жизненно важен для определенных типов растительных материалов.

Многоплановость таблицы позволяет сделать следующие заключения. Во-первых, трудно переоценить значимость количественного изучения выделенной для определения группы элементов, большинство из которых являются структурными и электролитическими и не относятся к тяжелым металлам, привлекающим основное внимание исследователей. Во-вторых, количественные данные для изучаемой группы элементов позволяют решать широкий круг задач: от чисто академических (в области биологии) до чисто прикладных (мониторинг окружающей среды и оценка экологической ситуации). Очевидно, что эффективность использования аналитических данных определяется их качеством. Поэтому улучшение качества результатов анализа за счет оптимизации параметров методики неизбежно расширяет сферу их применимости.

Кроме традиционных (предел обнаружения, точность, чувствительность), качество аналитических данных определяется большим числом параметров, которые не могут быть выражены количественно [9]. На качество результатов анализа материалов растительного происхождения оказывают влияние как особенности стадии приготовления образца и условия его хранения, так и биологически обусловленное распределение элементов в веществе и видовые особенности материала. Количественные и качественные распределения элементов в растениях варьируют в зависимости от возраста растения, периода вегетации, климатических, техногенных факторов, типов и химического состава почв [2].

К настоящему времени немалая доля аналитических данных для растительных материалов получена методами анализа, предполагающими разрушение исходного образца (озоление, сорбция, разложение химическими реагентами и др.). При этом часть информации о полном составе вещества может быть утеряна вследствие неполноты осаждения, улетучивания отдельных элементов и возможности протекания конкурирующих химических реакций [10]. Свободными от неопределенностей, связанных с предварительной химической обработкой анализируемого материала, являются неdestructивные многоэлементные методы анализа (нейтронно-активационный ННА и рентгенофлуоресцентная спектроскопия РФА), которые не только экономят время получения аналитической информации, но и оставляют образец неизменным для дальнейшего исследования [11].

Неdestructивный рентгенофлуоресцентный (РФ) метод широко используется для рутинного определения в растительных материалах как тя-

желых металлов, так и некоторых структурных элементов [12, 13, 14, 15, 16]. Однако в большинстве публикаций по применению прямого РФА для анализа растений приводятся нуждающиеся в разъяснении оценки погрешностей [17]. Лишь в отдельных работах авторы оценивают влияние на точность результатов анализа конкретно качества пробоотбора [18] и стабильности условий получения аналитического сигнала [15, 19, 20]. Так, при рентгенофлуоресцентном определении Zn, Fe, Mn в листьях березы [18] оценили стандартные отклонения, характеризующие погрешности пробоотбора с одной березы: данные величины равнялись 0.10, 0.17 и 0.09 соответственно. При РФ определении содержаний Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, S, Cl в растительных материалах с использованием уравнений связи величины относительных стандартных отклонений (ОСО), характеризующих погрешности воспроизводимости, составили 0.014-0.061 [15]. Автором [19] разработана методика неdestructивного рентгенофлуоресцентного определения As в растениях. Величина погрешности приготовления излучателей значительно меньше погрешности воспроизводимости измерения аналитического сигнала, характеризующей ОСО, равным 0.15. В [20] приводятся коэффициенты вариации, обусловленные статистикой счета, для прямого рентгенофлуоресцентного определения Mg, Al, Si, P, S, K, Ca в вереске, клевере, зерне, соломе, листьях дуба, капусты и др. Их значения около 0.01 для всех определяемых элементов, за исключением Mg и Al, для которых коэффициенты вариации 0.02. Значения погрешностей приготовления излучателей при анализе их прямыми методами обычно не приводятся. Кроме того, нередко отсутствует информация о соответствии аналитических данных требуемой точности, так как не уточняется задача, для решения которой полученные данные используются.

Цель настоящей работы заключалась в изучении влияния степени помола, условий хранения, видовых особенностей и среды произрастания растений на точность результатов прямого рентгенофлуоресцентного определения Na, K, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ca, Sr, Mn и Fe в растительных материалах, что позволит обозначить область эффективного использования аналитических данных. Изучение выполнено с использованием материалов листа березы, травосмеси (представителей наземных биогеоценозов) и водных цветковых растений озера Байкал (*Potamogeton Perfoliatus* L., *Elodea canadensis* Michaux, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steudel, *Persicaria amphibia* L.).

Для приготовления излучателя 7.2 г порошко-

вого растительного материала перемешивали в агатовой ступке с 0,8 г борной кислоты (класса осч), используемой в качестве связки, с добавлением этанола в течение 10 мин и прессовали в виде таблеток. Таблетки постоянно, исключая время измерения аналитического сигнала, хранили в эксикаторе. Интенсивности аналитических линий регистрировались с помощью спектрометра СРМ-25 (Rh-трубка, $V = 30$ кВ, $I = 40$ мА, суммарное время набора импульсов 60 сек). Расчет содержаний определяемых элементов проводился способом а-коррекции. Для градуирования и контроля правильности использовали излучатели государственных стандартных образцов биологических материалов СБМК-1 (картофеля), СБМП-1 (зерна пшеницы), СБМТ-1 (злаковой травосмеси) [21] и китайских серии GSV стандартных образцов листьев и веток тополя и чая [7].

Для оценки влияния помола и степени гомогенизации пробы на результаты РФА воспользовались материалом листа березы, который в лаборатории оптического спектрального анализа и стандартных образцов Института геохимии гото-

вился в качестве стандартного образца. Часть материала листа березы, просушенного при 85°C , после измельчения в шаровой мельнице была просеяна через полиэтиленовые сита с различными размерами ячеек. Дополнительно выделены четыре фракции листа березы с размером частиц (d , мм): (1) - >0.63 ; (2) - $0.63 > d > 0.14$; (3) - <0.63 ; (4) - <0.14 . Материалы этих фракций и усредненного, хорошо гомогенизированного материала листа березы, подготовленного для рассылки на аттестационный анализ (ЛБ-1), были любезно предоставлены руководителем лаборатории Петровым Л.Л. Из материала каждой фракции прессовалось 10 таблеток, и трижды измерялись интенсивности аналитических линий определяемых элементов при одних и тех же экспериментальных условиях. Значения интенсивностей нормировались к значениям интенсивностей, измеренным от излучателя из материала листа березы ЛБ-1. Полученные средние значения интенсивностей (R) и их отклонения от единицы (DR) для фракций листа березы представлены в табл.2.

Таблица 2

Значения нормированных интенсивностей и их отклонения от единицы для фракций материала листа березы разного размера

Аналитическая линия	Фракции листа березы с размером зерен d , мм							
	$d > 0.63$ (1)		$0.14 < (d) < 0.63$ (2)		$d < 0.63$ (3)		$d < 0.14$ (4)	
	R	$DR, \%$	R	$DR, \%$	R	$DR, \%$	R	$DR, \%$
Na $K\alpha$	1,018	+1,8	0,985	-1,5	1,015	+1,5	1,025	+2,5
Mg $K\alpha$	0,893	-10,7	0,950	-5,0	0,999	-0,1	0,997	-0,3
Al $K\alpha$	0,813	-18,7	0,850	-5,0	0,951	-4,9	0,991	-0,9
Si $K\alpha$	0,864	-13,6	0,876	-2,4	0,965	-3,5	0,981	-1,9
P $K\alpha$	0,862	-13,8	0,949	-5,1	0,990	-1,0	1,021	+2,1
K $K\alpha$	0,883	-11,7	0,968	-3,2	1,002	+0,2	1,013	+1,3
Ca $K\alpha$	0,822	-17,8	0,912	-8,8	0,989	-1,1	1,025	+2,5
Mn $K\alpha$	0,816	-18,4	0,934	-6,6	0,998	-0,2	1,004	+0,4
Fe $K\alpha$	0,974	-2,6	0,863	-13,7	0,963	-3,7	0,999	-0,1
S $K\alpha$	0,865	-13,5	0,936	-6,4	0,991	-0,9	1,012	+1,2

Очевидно, что 4-я фракция наиболее близка по качеству к материалу ЛБ-1. Однако затраты, временные и оборудования, необходимые для получения навески этой фракции, достаточной для выполнения анализа, как правило, не оправдываются целями рутинного анализа. Компромиссная по затратам 3-я фракция, уступающая 4-й фракции по равномерности распределения в ней Al, Si и Fe, вполне приемлема для анализа. Возрастание величин DR в немалой степени связано с ухудшением состояния поверхности образца из-за его разбухания вследствие поглощения вла-

ги и снятия внутренних напряжений во время измерения аналитического сигнала. Эксперимент показал, что дополнительное измельчение требуемой для анализа навески в механической ступке в течение 3 мин, существенно улучшает состояние поверхности излучателей. Данные для 2-й фракции, в которой отсутствуют частицы с размером менее 0,14 мм, свидетельствуют об обеднении образца всеми элементами и хорошо согласуются с выводами [22, 23] о преобладающем присутствии элементов в растительных материалах в частицах малого размера. Что каса-

ется 1-й фракции, которая представлена преимущественно прожилками листьев, то она существенно обеднена всеми компонентами и весьма далека от материала ЛБ-1. Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что для обеспечения требуемого при прямом РФА качества пробы измельченный материал не должен фракционироваться и в процессе измельчения растительного материала допустимо отсеивать только крупнозернистую фракцию, максимальный размер частиц которой при использовании для анализа навески в 7,2 г не должен превышать 0,63 мм. При использовании для анализа меньшей навески допустимый максимальный размер частиц должен уменьшиться.

Несколько материал листа березы хорошо пресуется, в вышеописанном эксперименте излучатели не содержали связующее вещество. В течение ряда лет они хранились незаконсервированными в пакетиках из кальки в шкафу, визуально не претерпели никаких изменений и оказались хорошими объектами для изучения влияния условий хранения на качество пробы. Для того, чтобы оценить погрешности долговременного хранения растительного материала вне эксикатора, был спланирован эксперимент по схеме многоступенчатого дисперсионного анализа [24]. Суммарная погрешность РФА листа березы представлялась суммой трех составляющих:

$$S_{г.сум}^2 = S_{г.в}^2 + S_{г.неод}^2 + S_{г.хр}^2,$$

где $S_{г.в}$ - относительное стандартное отклонение, характеризующее стабильность получения аналитического сигнала; $S_{г.неод}$ - ОСО, характеризующее однородность распределения элементов в материале; $S_{г.хр}$ - ОСО, обусловленное влиянием условий хранения на результаты анализа. Результаты дис-

персионного анализа погрешностей для излучателей третьей фракции листа березы приведены в табл. 3. Видно, что погрешности долговременного хранения этих излучателей вне эксикатора выявились лишь для следующих элементов: Na, Si, K, Ca, S, Sr. Их величины, за исключением $S_{г.хр}$ для Na, варьируют в пределах 0,004-0,002 и не изменяют заметно $S_{г.сум}$. По нашему мнению, на порядок большая по сравнению с другими элементами $S_{г.хр}$ для Na дополнительно обусловлена низким (~0,03-0,05%), близким к пределу обнаружения ($C_{мин}=0,02\%$) содержанием Na в листе березы. Вероятно, такой временной стабильности излучателей в немалой степени способствует отсутствие в них связки. Как показала практика, растения, стебли которых имеют волокнистую структуру (пыльнь, пырей), и растения, содержащие смолы и эфирные масла и требующие дополнительного просушивания в процессе измельчения (хвоя сосны, пихты), не могут быть спрессованы в неразрушающиеся таблетки без добавления связки. Борная кислота, наиболее доступная из возможных связок, будучи гидрофильной, усиливает поглощение водяных паров из воздуха и кристаллизуется на поверхности излучателя [25, 26]. Это не только ухудшает качество поверхности излучателя, но и изменяет его физическую структуру и объемное распределение элементов. Таким образом, вынужденное введение борной кислоты должно привести к нестабильности во времени излучателей растительных материалов и, соответственно, увеличить $S_{г.хр}$ и суммарную погрешность анализа. Поэтому хранение излучателей растений в эксикаторе является необходимым условием обеспечения качества растительного материала.

Таблица 3
Результаты дисперсионного анализа погрешностей при РФА листа березы

Элемент	Относительное стандартное отклонение			
	$S_{г.в}$	$S_{г.неод}$	$S_{г.хр}$	$S_{г.сум}$
Na	0,044	*	0,029	0,053
Mg	0,018	*	*	0,018
Al	0,020	*	*	0,020
Si	0,005	0,006	0,004	0,009
P	0,006	0,005	*	0,008
K	0,003	0,003	0,003	0,005
Ca	0,002	0,002	0,002	0,004
Mn	0,008	*	*	0,008
Fe	0,006	0,006	*	0,009
S	0,007	*	0,003	0,008
Sr	0,002	0,002	0,002	0,004

* - Погрешности неоднородности для 95%-ого уровня вероятности незначимы.

Для того чтобы проиллюстрировать влияние видовых особенностей и среды произрастания на качество вещества растительного материала, в табл.4 для двух типов наземных растений и совокупности водных приводятся результаты анализа и погрешности, характеризующие распределение определяемых элементов в веществе. Для водных растений к почвенному раствору, являющемуся основным источником компонентов питания для наземных растений [5], добавляется вода. Вода как среда обитания интенсифицирует извлечение элементов, так как содержит мно-

гие из них в наиболее доступной для поглощения форме - в виде ионов или растворимых органических комплексов [27], и способствует равномерному распределению элементов по всему растению. Следствием этого являются более высокие содержания всех определяемых элементов в водных растениях и более низкие по сравнению с наземными растениями значения $S_{г.неод}$. Для воды озера Байкал ионы SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ являются основными [28]. Поэтому для большинства из этих элементов величины $S_{г.неод}$ незначимы.

Таблица 4

Компоненты погрешностей рентгенофлуоресцентного определения элементов в разных типах растительных материалов

Элемент	$S_{г.в}$	Лист березы		Травосмесь		БВЦР**	
		$C_{ср}, \%$	$S_{г.неод}$	$C_{ср}, \%$	$S_{г.неод}$	$C_{min} - C_{max}$	$S_{г.неод}$
Na	0,035-0,026	0,020	*	0,082	*	0,064-1,331	*
Mg	0,019-0,015	0,464	0,016	0,266	0,012	0,331-0,552	*
Al	0,027-0,024	0,0852	0,051	0,0362	0,016	0,0236-0,1221	0,023
Si	0,014-0,007	0,378	0,039	0,560	0,017	0,311-1,157	0,019
P	0,01-0,009	0,167	0,028	0,239	0,027	0,233-0,628	0,009
K	0,009-0,004	0,87	0,018	1,37	0,020	1,71-3,62	*
Ca	0,006-0,003	1,63	0,018	0,67	0,022	0,98-2,08	0,006
Mn	0,017-0,013	0,0755	0,013	0,0040	*	0,0119-0,1727	*
Fe	0,006-0,003	0,058	0,013	0,068	0,017	0,050-0,442	0,006
S	0,013-0,006	0,130	0,033	0,175	0,015	0,156-0,405	*
Sr	0,003-0,002	0,0067	0,010	0,0029	0,010	0,0093-0,0216	0,007
Cl	0,027-0,012	0,058	0,017	0,357	*	0,189-1,820	0,015

* - Погрешности неоднородности для 95%-ого уровня вероятности незначимы.

** - Байкальские водные цветковые растения

В случае наземных растений с однотипными источниками компонентов питания (почва, атмосфера) для органогенных Mg, P, K, Ca, Fe и Sr погрешности неоднородности сопоставимы для древесного (береза) и травянистого (травосмесь) видов: для Al, Si, Mn, S и Cl в листе березы значения $S_{г.неод}$ выше по сравнению с таковыми для травянистого растения. Величины $S_{г.неод}$, характеризующие распределение Al, Si, P, S в листе березы, в 2-3 раза превосходят погрешности для других элементов. Изучение предыстории образца листа березы объяснило причины возрастания неравномерности распределения этих элементов. Образец был отобран в районе Иркутского алюминиевого завода, приоритетными компонентами выбросов которого являются Al и S. Кроме того, карта розы ветров подтвердила возможность загрязнения листьев почвенной пылью. Приведенная в табл.4 информация позволяет

заключить, что для представителей водных экосистем вследствие более равномерного распределения элементов в них погрешности неоднородности имеют более низкие значения по сравнению с погрешностями наземных растений. При интерпретации величин $S_{г.неод}$ для наземных растений, кроме видовых особенностей и среды произрастания, необходимо учитывать техногенный фактор, в значительной степени способствующий увеличению неравномерности распределения отдельных элементов в растениях.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. При анализе материалов растительного происхождения качество аналитических данных определяется как условиями приготовления и хранения образца, так и видовыми особенностями растения, средой произрастания, техногенными воздействиями. При анализе растений

водных экосистем точность результатов зависит в основном от стабильности условий получения аналитического сигнала. Для наземных растений, кроме вышеуказанного фактора, заметную погрешность в результаты анализа вносит неоднородность распределения элементов в веществе, обусловленная преимущественно техногенным загрязнением.

2. При количественном изучении химического состава растений оценку надежности и интерпретацию аналитических данных следует выполнять, принимая во внимание все компоненты и составные части экосистемы, являющиеся ста-

диями потока вещества. Количественные оценки, полученные в определенных условиях экосистемы, являются частными для определенного вида растения.

3. Точность прямого РФА растительных материалов достаточна, чтобы изучать Si, K, P, S как структурные элементы, Na, Ca, Cl- как электролитические, Fe, Mn- как энзимные и Al, Sr- как поллютанты. Поэтому результаты прямого РФ определения этих элементов в растениях могут эффективно использоваться как в экологических, так и в биохимических исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. М.: Наука, 1994. 669 с.
2. Поликарпочкин В.В., Поликарпочкина Р.Т. Биогеохимические поиски месторождений полезных ископаемых. М.: Наука, 1964. 104 с.
3. Ивлев А.М. Биогеохимия: Учебник для университетов. М.: Высшая школа, 1986. 127 с.
4. Markert B. The biological system of the elements (BSE) for terrestrial plants (glycophytes) // The science of the total environment. 1994. V. 155. P. 221-228.
5. Markert B. Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems // Vegetatio. 1992. V. 103. P. 1-30.
6. Белоголова Г.А., Матяшенко Г.В., Зарипов Р.Х. Биогеохимическая характеристика природных и техногенных экосистем Южного Прибайкалья // Экология. 2000. № 4. С. 263-269.
7. Certificate of Certified Reference Material Human Hair, Bush Twigs and Leaves, Poplar Leaves and Tea (GSV-1, 2, 3, 4 and GSH-1) / Institute of Geophysical and Geochemical Exploration. Langfang China, 1990.
8. Roelandts I., Gladney E.S. Consensus values for NIST biological and environmental Standard Reference Materials // Fresenius J. Anal. Chem. 1998. V. 360. P. 327-338.
9. Катеман Г., Пийперс Ф.В. Контроль качества химического анализа: Пер. с англ. / Челябинск: Металлургия. Челябинское отделение, 1989. 448 с.
10. Biomonitoring of atmospheric pollution (with emphasis on trace elements) / BioMAP: IAEA-TECDOC - 1152. Austria. June 2000. 244 p.
11. Fifield F.W., Kealey D. Principles and practice of analytical chemistry / London: Chapman and Hall, 1995. 560 p.
12. Tao G.Y., Zhang Z.Y., Ji A. XRF procedures for analysis of standard reference materials // X-Ray Spectrom. 1990. V. 19. P. 85-88.
13. EDXRF analysis of trace elements in Nerium oleander for pollution monitoring / M.I. Marques, M.L. Carvaeho, M. Oblad et. al. // X-Ray Spectrom. 1993. V. 22. P. 244-247.
14. Sample preparation and EDXRF analysis of element content in marine algal communities- a tentative approach / J. Boman, H. Blanck, P. Standzenieks et. al. // X-Ray Spectrom. 1993. V. 22. P. 260-264.
15. Карпукова О.М., Шматова Л.Н., Илларионова Е.Н. Рентгенофлуоресцентное определение макрокомпонентов в растительных материалах // Журн. аналит. химии. 1982. Т. 37, № 11. С. 1938-1943.
16. Гуничева Т.Н., Чупарина Е.В., Белоголова Г.А. Оценка пригодности ГСО биологических материалов для градуирования при прямом рентгенофлуоресцентном анализе растительных материалов // Аналитика и контроль. 2001. Т. 5, № 1. С. 59-64.
17. Ревенко А.Г. Подготовка проб природных материалов для рентгенофлуоресцентного анализа с дисперсией по энергии (обзор) // Заводская лаборатория. 1994. Т. 60, № 11. С. 16-29.
18. Оценка погрешности отбора проб растительных материалов при экологическом контроле / О.М. Карпукова, Т.В. Яскина, А.В. Баянова и др. // Тез. докл. IV Всерос. конф. "Экоаналитика 2000". Краснодар, 2000. С. 186-187.
19. Ондар У. В. Разработка методического обеспечения на базе рентгенофлуоресцентного анализа для комплексного изучения загрязнения мышьяком объектов окружающей среды: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Иркутск, 2001. 18 с.
20. Evans C.C. X-ray fluorescence analysis for light elements in plant and faecal materials // Analyst. 1970. V. 95. P. 919-929.
21. Стандартные образцы химического состава природных минеральных веществ. Метод. рекомендации. / Сост. Н.В. Арнаутов. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1987. 204 с.
22. A global geochemical database for environmental and resource management. Recommendations for International Geochemical Mapping/ Darnley A.G. et. al. // Final report of IGCP Project 259 - UNESCO Earth Sciences 19

UNESCO Publishing, 1995. 122 p.

23. Fifield F.W., Haines P.J. Environmental analytical chemistry / London: Chapman & Hall, 1995. 424 p.

24. Смагунова А.Н., Козлов В.А. Примеры применения математической теории эксперимента в рентгенофлуоресцентном анализе / Иркутск: ИГУ, 1990. 230 с.

25. Бор и его соединения и сплавы / Под ред. Г.В. Самсонова. Киев: АН УССР, 1960. 589 с.

26. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов:

В 2 кн. М.: Недра, 1994. 301 с.

27. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. 262 с.

28. Эпов В.Н., Васильева И.Е., Ложкин В.И. Методические подходы при анализе слабоминерализованных вод методом ИСП-МС (на примере воды озера Байкал) // Тез. докл. VI конференции "Аналитика Сибири и Дальнего Востока". Новосибирск, 2000. С. 104-105.

* * * * *

Курсы повышения квалификации МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Институт переподготовки кадров Уральского государственного технического университета (ИПК УГТУ-УПИ) проводит повышение квалификации работников аналитических служб предприятий и организаций.

Занятия организуются на базе кафедры «Физико-химические методы анализа» (зав. кафедрой проф. В.Н. Музгин) и Российской арбитражной лаборатории испытаний материалов. Обучение проводится по модульному принципу. Можно выбрать либо один модуль, либо собрать из них программу обучения в соответствии с запросами производства. Объем каждого модуля составляет 72 часа.

Перечень дисциплин (модулей) приводится ниже:

1. Атомно-абсорбционный спектральный анализ
2. Атомно-эмиссионный спектральный анализ
4. Методы рентгеноспектрального анализа
5. Масс-спектрометрия, в том числе и с ИСП
3. Спектрофотометрические методы анализа
7. Метрологическое обеспечение методов анализа
8. Компьютерная обработка результатов анализа
9. Пробоотбор, пробоподготовка, методы разделения

К проведению занятий привлекаются ведущие специалисты вузов и предприятий г. Екатеринбурга.

По окончании обучения слушатели получают **удостоверение** (при объеме подготовки от 72 до 100 часов) или **свидетельство** государственного образца о повышении квалификации (при объеме подготовки от 100 до 500 часов).

Время проведения занятий на курсах: январь-февраль, июнь, сентябрь.

Дополнительную информацию об условиях обучения можно узнать по адресу: 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19, 5-ый учебный корпус, ауд. ФТ-311.
Тел.: 75-93-95, 75-45-05, факс: 75-01-96, e-mail: muzgin@dpt.ustu.ru